

## 海象観測システムによる有明海の海象気象の解析

### V. 浅海域の塩分特性について

渡 辺 潔・藤 本 昌 宣

(干拓水工学研究室)

昭和58年4月28日受理

### Analysis of Oceanic and Meteorological Phenomena in the Ariake Sea by Observation System of the Ocean

#### V. On the salinity in the shallow area

Kiyoshi WATANABE and Masanobu FUJIMOTO

(Laboratory of Shore Reclamation and Hydraulic Engineering)

*Received April 28, 1983*

#### Summary

To clarify the characteristics of the variation of salinity in the shallow area in the Ariake Sea, the data obtained by the observational apparatus of oceanic phenomena for four years from 1977 to 1980 were analyzed statistically. The results obtained are as follows.

The surface salinity of sea water in the shallow area is affected remarkably by sea water level and river discharge. Generally, the variation of salinity is relatively small in terms from November to next April, when amount of rainfall is a little. And salinity varies with the periodicity for about twelve hours within the range between 31~32 ‰ at high water and 28~29 ‰ at low water. On the contrary, in the rainy season from May to October, salinity is lowered by the inflow of river water, and its variation is irregular. Furthermore, daily mean salinity is below 10 ‰ when the discharge of the Chikugo river (Senoshita, Kurume City) is greater than 2,000 m<sup>3</sup>/sec. Therefore, yearly mean salinity is about 29 ‰ and is smaller than that of the East China Sea or the deep area of the Ariake Sea, and average daily range of salinity is about 3.5 ‰.

#### 1. 緒 言

浅海域における海象のうち、塩分（あるいは塩素量）は水温とともに海水の物性の基本となるものであり、海域の物理的環境を解明する上で非常に重要な要素である。

本報は、有明海浅海域に設置されている佐賀大学有明海海象観測装置によって得られた1977年から1980年までの4年間の塩分の観測値を統計的に解析し、浅海域における表層塩分の変化特性について検討したものである。

#### 2. 観測地点と観測方法

塩分の観測地点は、既報<sup>1)</sup>で述べたように、有明海湾奥部に設置された佐賀大学有明海海象観

測塔（以後「観測塔」と略称）である。観測塔の概略を図-1に示す。この地点は、佐賀県川副町国造干拓地先5kmの海苔漁場の最先端部で、平均水深約6mの浅海域に位置している。

塩分計は、観測塔の中央部に縦方向に張られた4本のガイドワイヤーに沿うフロートの下に図-2に示すように、水温計、水素イオン濃度計および溶存酸素系とともに取付けられている。そして、このフロートが潮位の変動にしたがって上下することによって、つねに海面下約1mでの塩分を測定するものである。

本装置に取付けられている塩分計は、5つの電極による電気伝導度を利用した五電極型で、これと温度補償用のサーミスタからなっている。塩分の測定範囲は10~35‰、精度は $\pm 0.2\%$ である。なお、観測は正時および毎30分時の30分間隔（一部は正時ごとの1時間間隔）で行われ、データはテレメータによって本学に送信される。また、1回の観測において出力される塩分値は、1.76秒間隔で3分間測定されたデータの平均値である。

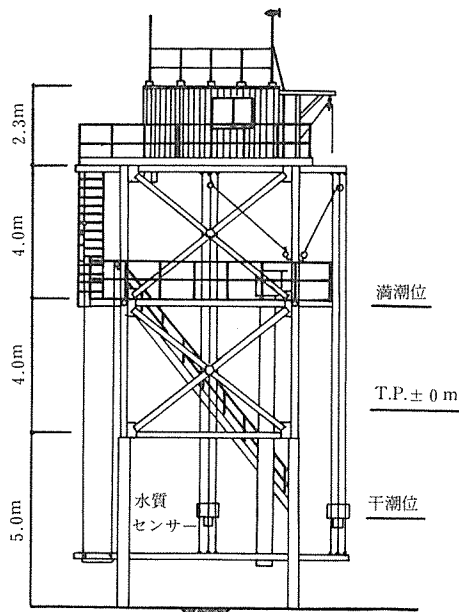


図-1 観測塔概略図

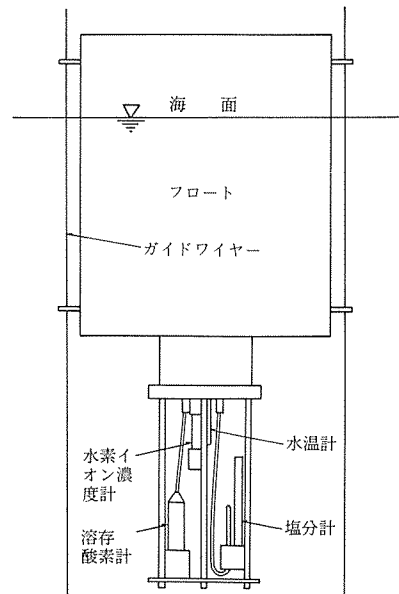


図-2 水質センサー取付図

### 3. 観測結果と考察

#### 3.1 塩分の変化特性

##### 3.1.1 塩分の経時変化

一般に、海水の塩分は河川水の流入、降水、海面からの水分蒸発、鉛直および水平方向の海水の混合などによって変化する。有明海浅海域の定点における表層塩分の変化特性を明らかにするために、海象観測装置によって得られた塩分の経時変化を潮位とともに(a)1979年2月と(b)同年7月の例で図-3に示す。このうち、(a)は塩分の変動の大部分が潮位の影響によるもので、満潮時には31~32‰程度のほぼ一定した値となり、干潮時に28~29‰、特に大潮干潮時に20~25‰まで低下する。このような塩分の変動は一般に雨が少なく、河川からの流入水など外的な影響の比較的少ない11月から翌年の4月ごろにみられる典型的なものである。一方、(b)は(a)とは逆に、夏期あるいはかんがい期にみられる塩分変動のパターンで、塩分は潮位の影響以上に梅

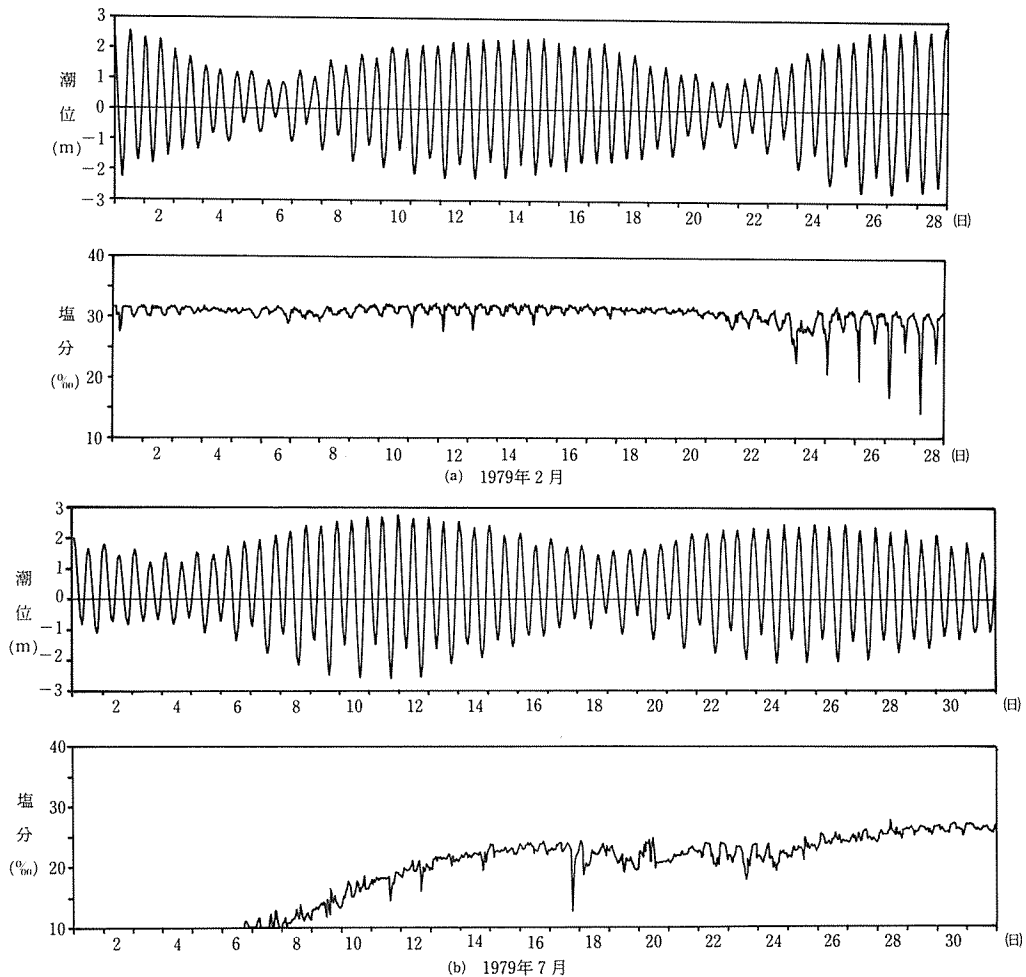


図-3 潮位および塩分の経時変化

雨期や異常気象時における多量の降水量、河川流量の影響を強く受け、非常に不規則な変動を示す。そして、その変動幅は、上限が(a)と同様の31~32‰から下限の10‰まで非常に広がっている。

一般に外洋の表層塩分は33~37‰の範囲にあり、全海洋の平均塩分は34.7‰といわれている<sup>2)</sup>。また、有明海湾口部では1~5月で33.5~34.0‰、7月で31.5‰という測定値が報告されている<sup>3)</sup>。このような値と比較すると、観測値は季節によって程度の差はあっても河川水の影響を大きく受けているものと推定される。

なお、本システムでは前述のように、塩分の測定範囲は10~35‰であるため、10‰未満の場合も10‰と出力される。観測地点は比較的河口に近い位置にあるため、(b)のような期間には塩分が10‰以下になることも稀ではないことが本装置での観測によって確認されたため、今後はこのような低塩分も計測可能となるようにシステムを改良する必要がある。したがって、以下の解析には塩分が10‰を示す期間は除外した。

### 3.1.2 塩分の自己相関およびパワースペクトル

前述のような塩分の変動に対する自己相関係数を上記の2つのパターンについて図-4に示す。この結果、図-3と対応して、(a)は12時間周期の変動が明確にあらわれ、(b)はこの傾向が

ほとんどみられず、徐々に係数値が減衰していく。さらに、塩分変動に対するパワースペクトルを Blackman-Tukey 法によって解析した結果を図-5に示す。パワースペクトルは自己相関関数をフーリエ変換したものであり、この統計量はおのの周波数成分を持つ変動量の全変動量への寄与量を示している。なお、図-5のスペクトルの計算に当たり、データ数は期間が1か月、観測の時間間隔が30分であることから、1440あるいは1488個であり、スペクトルの分解能<sup>4)</sup>に大きい影響を与える lag 数は200とした。同様に、図-3と対応して、(a)は12時間周期成分のスペクトル値が最も大きく、24時間周期成分の存在も認められる。一般に、one-sided spectrum においては次式が成立する<sup>5)</sup>。

$$\overline{u^2} = \int_0^{\infty} E(f) df$$

すなわち、スペクトル密度関数  $E(f)$  の周波数  $(0, \infty)$  域での積分値  $\overline{u^2}$  は、平均値からの偏差の自乗平均、つまり、 $\tau = 0$  における自己相関関数値に等しい。この関係を利用して、12時間と24時間周期成分の全変動に対する寄与率を求めると、それぞれ約40%と5%となり、この2つでほとんど50%となる。これに対して、(b)では12時間周期でスペクトル値がピークを示す例もみられるが、一般に全変動に対する寄与率は低く、またその値も一定していない。

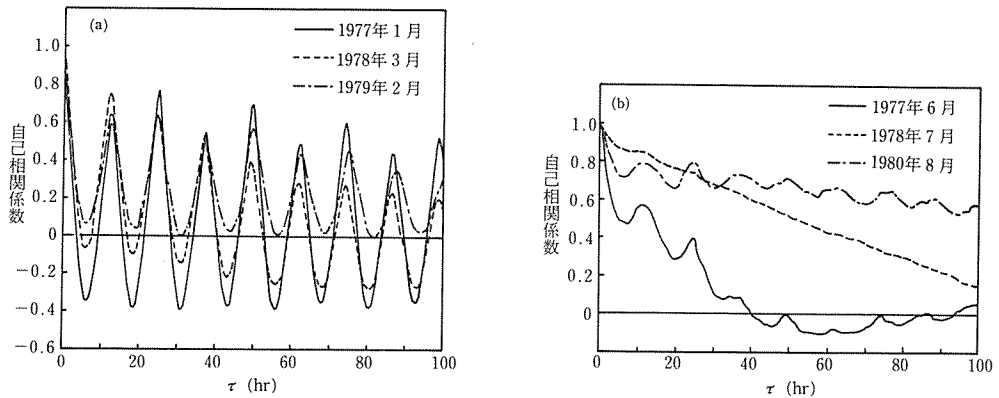


図-4 塩分の自己相関係数

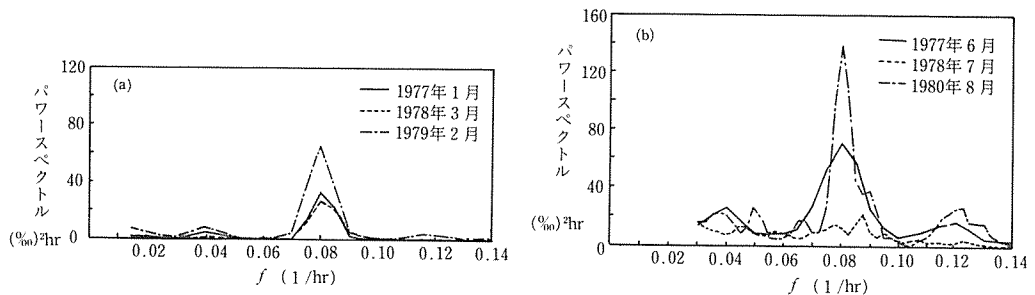


図-5 塩分のパワースペクトル

### 3.1.3 塩分と潮位の関係

3.1.1で述べたように、河口域における塩分は潮位の変化につれて変動し、干潮時には河川水の流入量の増加によって低下する。したがって、その変動周期は潮位の周期と同様に約12時間である。ここでは、潮位と塩分の関係を見るために、これらの1か月間の連続した観測値から相互相関関数を求めた。これを1980年1, 8, 9, 11月の例で図-6に示す。いずれも、

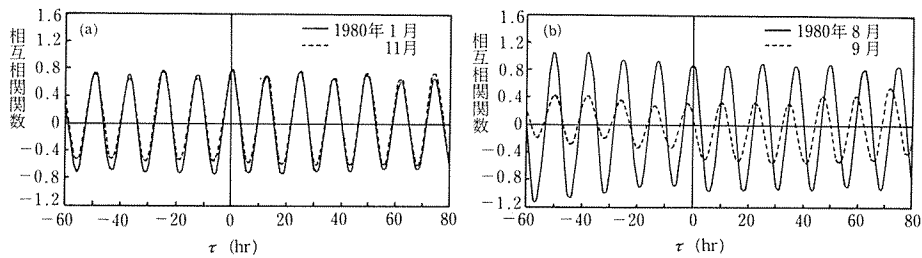


図-6 潮位と塩分の相互相関関数

12時間周期の曲線となるが、冬期の場合は一般に lag time  $\tau=0$  で最大となる。つまり、塩分は干潮時に時間的なずれがゼロ（正確には観測の時間間隔以内）で最小となり、同様に、満潮時に最大となる。これに対して、夏期の場合は、相互相関関数曲線が  $\tau=0$  で最大を示さず、また、関数値が最大となる  $\tau$  も一定した値を示さない。これは、解析に使用したデータの期間が1か月であり、塩分の観測値が、その間の河川流量や降水量など外的な要因による変動の影響を大きく受けているためであると考えられる。

### 3.2 塩分の日および月統計量

#### 3.2.1 塩分の日統計量

一定の時間間隔で観測された塩分の値を日別に集計し、その平均値および最高、最低値を求め、これらの年間変動について検討した。図-7は、1978年と1979年におけるこれらの統計量の年変化を示したものである。さらに、図-7には、潮差の変化を示す朔、望（●、○印）と、筑後川流量<sup>6)</sup>として久留米市瀬ノ下における日平均単位流量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ) を示した。ただし、流量については  $100\text{m}^3/\text{sec}$  以上の場合のみで、 $100\text{m}^3/\text{sec}$  未満については省略した。なお、塩分センサーの整備、調整や夏期の生物付着などにより、年によって異なるが、通算して年間に1～2か月程度の欠測は不可避である。

図-7によれば、比較的降水量が少なく、筑後川流量の少ない1978年や、1979年の冬期については、日平均および日最高塩分はほぼ一定の値を示し、日平均値で30～31‰、日最高値で

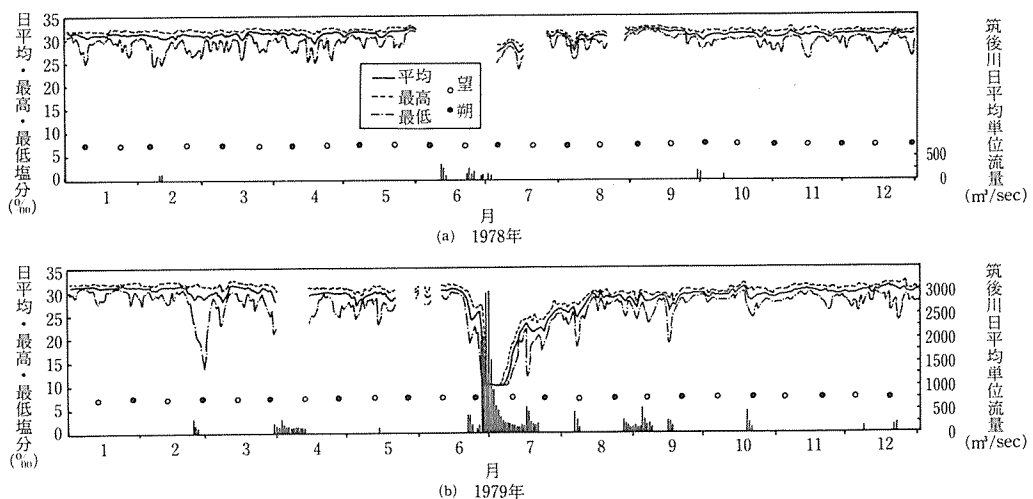


図-7 日平均、最高、最低塩分の経日変化

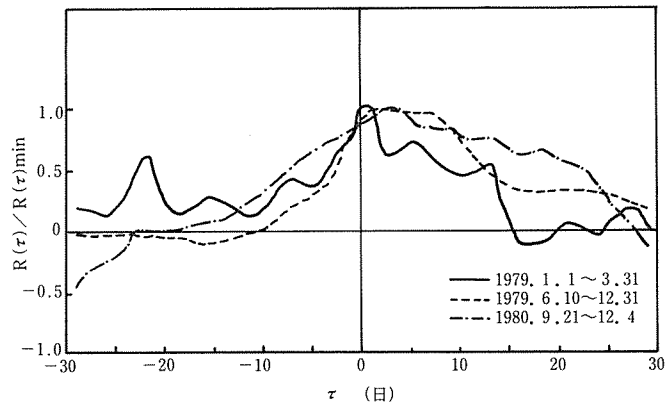


図-8 筑後川(瀬ノ下) 日平均単位流量と日平均塩分の相互相関

表-1 塩分の月間統計量

(a) 月平均値

(単位:‰)

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1977年	30.0	30.0	29.9	27.3	27.1	24.9	25.0	30.3	30.6	—	30.9	31.0	
1978	31.0	30.8	31.1	31.1	31.6	—	29.2	30.3	31.5	30.6	30.7	30.9	
1979	31.2	30.4	30.1	29.7	29.0	28.3	18.0	27.6	28.2	29.0	29.5	29.8	
1980	29.7	30.2	30.0	28.8	28.2	—	—	21.8	21.1	26.8	29.8	—	
平 均	30.5	30.4	30.3	29.2	29.0	26.6	24.1	27.5	27.9	28.8	30.2	30.6	28.8

(b) 月最高値

(単位:‰)

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1977年	31.8	32.0	32.1	31.2	30.6	30.0	32.1	32.3	32.0	—	32.5	32.3	
1978	32.2	32.3	32.5	32.5	33.1	—	31.9	32.2	32.5	32.2	32.4	31.9	
1979	32.2	32.1	32.3	30.8	31.0	31.4	27.6	30.2	30.2	31.4	31.0	31.8	
1980	31.3	31.9	31.5	31.2	31.4	—	—	28.0	28.5	29.0	31.7	—	
1977~1980	32.2	32.3	32.5	32.5	33.1	31.4	32.1	32.3	32.5	32.2	32.5	32.3	33.1

(c) 月最低値

(単位:‰)

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1977年	24.8	23.9	24.6	13.7	12.2	<10.0	10.1	24.2	25.7	—	26.6	27.8	
1978	24.7	24.4	26.1	24.9	28.1	—	23.4	25.8	28.2	27.5	25.8	26.0	
1979	27.4	13.8	21.2	23.7	23.1	<10.0	<10.0	18.0	19.0	24.0	25.4	23.3	
1980	23.6	26.2	22.9	15.6	16.0	—	—	<10.0	<10.0	17.6	24.4	—	
1977~1980	23.6	13.8	21.2	13.7	12.2	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	17.6	24.4	23.3	<10.0

(d) 日較差月平均値

(単位:‰)

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1977年	3.4	3.5	4.1	6.6	5.6	7.5	5.2	3.2	2.7	—	2.3	1.8	
1978	2.7	4.0	2.9	3.3	2.2	—	2.4	2.0	1.3	2.3	2.6	2.4	
1979	1.9	4.5	4.3	3.9	3.3	3.6	3.6	2.8	3.1	2.3	2.3	3.1	
1980	3.6	2.5	2.8	4.9	4.3	—	—	5.0	4.8	3.6	2.5	—	
平 均	2.9	3.6	3.5	4.7	3.9	5.6	3.7	3.3	3.0	2.7	2.4	2.4	3.5

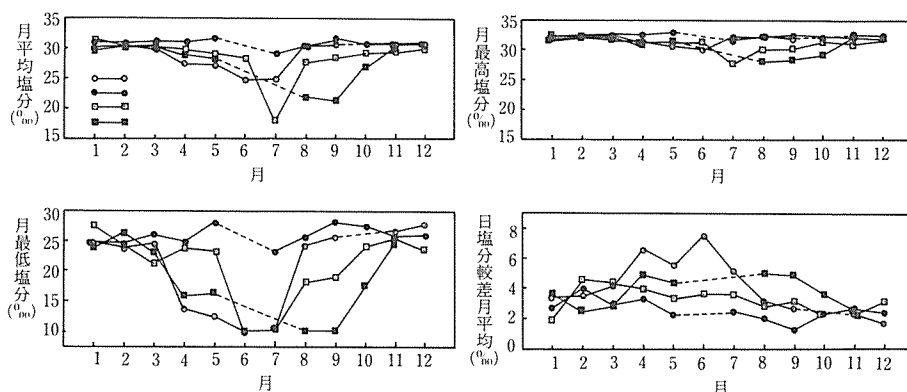


図-9 最高、最低塩分および日塩分較差月平均値

31～32‰程度で、大きい変化はみられない。しかし、日最低塩分は、朔望によってほぼ2週間の周期であらわれる大潮時に、河川水の流入の割合が相対的に大きくなるために、同様の周期で大きく低下することが認められる。一方、多雨期については大潮時以外に

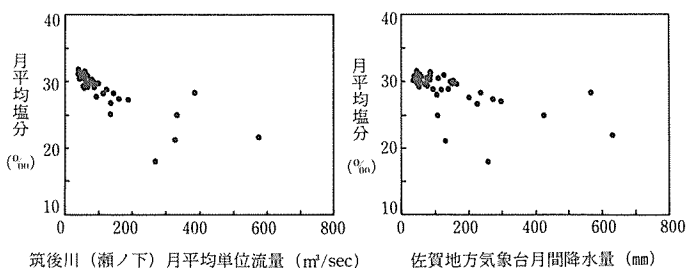


図-10 月平均塩分と河川流量、降水量の関係

も筑後川流量の影響を受けて塩分は低下し、不規則な経日変化を示す。特に、1979年6、7月のように筑後川流量が2000m³/sec以上にも達すると塩分は異常に低下し、日最高塩分も10%以下となる。このような筑後川の日平均流量が浅海域の観測地点における日平均塩分に与える影響の時間的なずれを検討するために、これらの相互相関関数 $R(\tau)$ を計算し、2つの変数が逆相関であることから、その最小値 $R(\tau)_{\min}$ との比 $R(\tau)/R(\tau)_{\min}$ を求めた。この結果をいくつかの例で図-8に示す。これによれば、曲線がピークとなる時の $\tau$ 、すなわち、日平均塩分が河川流量の影響を受ける時間的なずれは時期によって異なり、一定の時間関係がみられない。これは、その期間の河川流量や潮差の相違によるものと考えられる。

### 3.2.2 塩分の月統計量

日統計量をさらに月ごとに集計し、塩分の月平均、最高、最低値および日較差月平均値を求めた。これらの月別の値を表-1および図-9に示す。これらの経月変化をみると、日平均、最高、最低塩分は相対的に冬期に大きく、夏期に小さいという一般的な傾向はみられるものの、年ごとに変動する降水量、河川流量の影響を受けて大きく異なっている。4年間に得られた結果からみると、月平均塩分は31.6～18.0‰、月最高塩分は33.1～27.6‰、さらに月最低塩分は28.2～<10.0‰の範囲で変動し、年平均塩分は29‰程度である。このような塩分変動に大きく影響する外的要因として降水量やこれにともなう河川流量が考えられるために、月平均塩分と筑後川(瀬ノ下)月平均単位流量<sup>6)</sup>および月平均塩分と佐賀地方気象台月間降水量<sup>7)</sup>の関係を求め、これらを図-10に示す。この結果、これらの間には明らかに負の相関が認められるが、月間の流量あるいは降水量が極端に多くなるとばらつきが大きくなる。また、塩分の日較差月平均値は図-9に示すように、その変化に一定の傾向を示さず、月、年によって異なる。これを4年間にわたって平均すると、塩分の日較差は約3.5‰である。

## 4. 摘 要

有明海浅海域の塩分の変化特性を明らかにするために、佐賀大学海象観測装置によって得られた1977年から1980年までの4年間の塩分データを統計的に解析した。その結果、浅海域における表層塩分は潮汐の干満と河川流量の影響を大きく受けることが明らかになった。一般に、11月から翌年4月頃までの相対的に雨の少ない期間においては、塩分はその変動が比較的小さく、満潮時に31～32‰、干潮時に28～29‰程度の値の範囲でほぼ12時間周期の変動を示す。これに対して、5月から10月までの多雨期は河川水の流入によって塩分は低下し、その変動も不規則で、筑後川流量（久留米市瀬ノ下）が $2,000\text{m}^3/\text{sec}$ 以上になると、日平均塩分は10‰以下となる。したがって、年平均塩分は東支那海や有明海深海域と比較して小さく約29‰となり、また平均日較差は約3.5‰である。

## 参 考 文 献

- 1) 渡辺 潔・藤本昌宣 (1982)：海象観測システムによる有明海の海象気象の解析 II. 浅海域の気温特性について。佐賀大農彙 53. 1-8
- 2) 能沢源右衛門 (1968)：新しい海洋気象学，成山堂書店，東京，p.43-47.
- 3) 井上尚文 (1980)：有明海の物理環境，海洋科学 12. 118-119.
- 4) 日野幹雄 (1978)：スペクトル解析，朝倉書店，東京，p.184-186
- 5) 堀川清司 (1982)：海岸工学，東京大学出版会，東京，p.52-56
- 6) 建設省河川局 (1978, 1979)：流量年表，日本河川協会，東京，p.371, p.375.
- 7) 佐賀地方気象台 (1977-1980)：佐賀県気象月報，昭和52年1月～昭和55年12月.